

repetition
**This is a fax copy of
sending.**

**The original was
delivered today by UPS**

RECEIVED

NOV 04 2002

CSO 2800

LIST OF PAPERS :

RECEIVED

NOV 04 2002

CSO 2800

- 1) Covering letter; with
- 2) Table of amendments;
- 3) Not amended details.

Enclosures to covering letter

(cites from different sources, which contain both German term "Wärmeröhr" and it's English translation "Heat Pipe" as a proof, that these terms are identical) :

- 4) Enclosure 1. -- cite from general encyclopaedia
- 5) Enclosure 2. - special technical encyclopaedia
- 6) Enclosure 3. - reference book
- 7) Enclosure 4. - our European patent for this invention, which contains claims in both of languages.

Text of invention:

- 8) Abstract;
- 9) Amended application.

Hebr

... durch sensationelle Aufmachung, geschickte Werbung, hochzahlige Journalisten.

Hearst-Insel [h'ɔ:st-], engl. **Hearst Island** [-'aɪlənd], vergletscherte Insel der W-Antarktis im W der Weddell-See, 1928 von H. V. Hearst entdeckt.

Hearstfeld [h'ɛ:stfɛld], John, eigtl. Helmut Herzfeld, Grafiker und Bildpublizist, * Schmargendorf bei Berlin 19. 6. 1891, † Berlin (West) 26. 4. 1968, Mitgründer und Illustrator der Zeitschrift *Der Stern*, Berliner Dada-Gruppe und Antikriegspublizistik, entwarf 1918 die Photomontage zum Mittel der politischen Karikatur.

Heest [h'ɛ:st], Edward, brit. Politiker (Konservativer), * Manchester 9. 7. 1916; zw. 1959 und 1964 Min., 1965-75 Führer der konservativen im Unterhaus, setzte als Premiermin. (1970-74) den Ausbau seines Landes in die EG durch; sein Versuch, das Gewerkschaftswesen zu reformieren, scheiterte am Widerstand der Gewerkschaften. - 1963 erhielt H. den → Karlspreis.

Heat Pipes [hi:t paɪps, engl.] **Pl.**, Wärmeröhre, Vorrichtung für den Wärmetransport. Schon bei geringen Temperaturunterschieden zwischen den Enden der in sich geschlossenen H. P. werden relativ große Wärmemengen geleitet. H. P. sind teilvakuierte Metallröhren, deren Innenwänden mit einer porösen Schicht mit Kapillarkapillare ausgekleidet sind. Am wärmeren Rohrende verdunstet die Flüssigkeit und nimmt dabei Verdampfungswärme auf. Die kühleren Enden kondensiert sie und gibt die Verdampfungswärme ab. Durch die Kapillarkapillare der Oberflächen-schicht fließt das Kondensat wieder zum wärmeren Rohrende zurück.

Heaviside [h'eɪvɪsaɪd], Oliver, brit. Physiker, * London 18. 5. 1850, † Torquay (Devon) 3. 2. 1925, Privatgelehrter; wichtige Beiträge auf dem Gebiet der Elektrostatik und der elektromagnetischen Induktion, entwickelte die heutige Form der Vektoren- und Operatorenrechnung, führte gleichzeitig mit A. E. Kennelly (1899) die Ausbreitung elektr. Wellen um die Erde auf das Vorhandensein einer hochliegenden ionisierten Schicht der Atmosphäre (Kennelly-H.-Schicht) zurück.

Hebammen, staatlich geprüfte und anerkannte, an einer Hebammenschule (3 Jahre) ausgebildete Geburtshelferinnen. Neben der Betreuung während der Schwangerschaft und Hilfe bei der Entbindung pflegt sie Mutter und Kind in den ersten Tagen des Lebens. Hebamme H. können in freier Praxis oder als Anstalts-H. tätig sein. Nach § 18 der Ausbildungs- und Prüfungsordnung für Hebammen (1981) werden auch Männer (Entbindungspfleger) für den Beruf der H. zugelassen.

Hebbel, Friedrich, Dichter, * Wesselburen in Dithmarschen 18. 11. 1813, † Wien 13. 12. 1863, Sohn eines Maurers, autodidaktisch, lebte in Hamburg, unterstützt von Elise Lensing; studierte dann in Heidelberg und München; nach einem 2. Aufenthalt in Hamburg und großen Reisen seit 1845 in Wien, seit 1846 mit der Schauspielerin Christine Enghaus. H. bewahrte den strengen Anspruch der Tragödie, nahm aber bereits viele Züge des modernen Theaters (Ibsen, Wedekind) vorweg. Durch die geschichtl. Dichtung seiner Dramen (von ihm auch theoretisch formuliert), die den Lebensgang des Helden zur Bedingung der Überwindung eines Weltzustandes und des Aufstiegs einer neuen Geschichtsepoeche machten, schuf H. der trag. Notwendigkeit einen überindividuellen Sinn zu geben. Doch ist in seiner Tragik ohne Versöhnung selbst die Lösung aus den Widerspruch alles Seienden hineingezogen. Stimmungsreiche, grüblerische Gedichte, Erz. und ein Tagebuch (1855-57) von hohem Rang, in dem sich Erfahrungen sensibler Menschen und Reflexionen zur Kunst niederschlugen.

Hebbel'sche Epöde: Judith (1840); Genoveva (1843); Maria Magdalene, evangelisches Trauerspiel (1844); Herodes und Mariamne (1844); Herodes Bernauer (1852); Gyges und sein Ring (1856); Die Nibelungen (Trilogie, 1861). Auch Komödien, Dramenfragmente, -Verfassungen, Mutter und Kind (1859). - Gedichte, Erzählungen, Autobiographisches.

Hebe, die griech. Göttin der Jugend, Tochter des Zeus und der Hera, die Jüngerin der Götter, Gemahlin des Herakles; von den Römern → Iuventus gleichgesetzt.

Hebelbaum, Stange zum Anheben von Lasten durch Hebelwirkung.

Hebelbühne, Plattform o. a. Einrichtung zum Anheben von Lasten mit Hebelkraftwagen, oder als heb- und senkbare Arbeitsbühne.

Hebel, James Prov., → Hopch.

Hebelgesetz, 1) um eine feststehende Achse drehbarer starrer Körper, wenn in Form einer geraden oder gewinkelten (Winkelhebel) Stange ein H. herrscht Gleichgewicht, wenn das Drehmoment aller an dem angreifenden Kräfte (Kräfte und Lasten) gleich Null ist (Hebelgesetz). Für den einfachen geraden H., an dessen einem Ende eine Last angreift und dessen anderes Ende eine Last trägt, gilt das Gleichgewicht: Kraft × Kraftarm = Last × Lastarm; dabei sind Kraftarm und Lastarm die Entfernungen der Angriffspunkte der Kraft und Last von der Drehachse. Beim einarmigen H. greift die Kraft und Lasten am gleichen Hebelarm an, beim zweiar-

migen Hebel an je einem Arm. Der H. gehört zu den ältesten einfachen Maschinen; mit ihm lassen sich mit kleinem Kraftaufwand und großem Hebelarm große Kräfte an einem entsprechend kleinen Arm erzeugen (Hebbaum, Schere, Zange und dgl.). Bild S. 34. 2) im Budo Form des Angriffs auf ein Gelenk, bes. ein Armgelenk des Gegners (Armhebel); im Judo nur am Ellbogengelenk erlaubt.

Hebel, Johann Peter, Dichter, * Basel 10. 5. 1760, † Schönenberg 22. 9. 1826, seit 1791 Lehrer am Gymnasium in Karlsruhe, 1808-14 Direktor, 1819 Prälat (der bad. Landeskirche). Aus dem Heimweh nach dem ländl. Südbaden entstanden die mundartl. »Alemannischen Gedichte« (1803), bildkräftig, mit heiteren Szenen und Betrachtungen. Die Kurzerzählungen, als »Kalendergeschichten« im »Rheinland. Hausfreund« erschienen, den H. 1808-15 und später herausgab, erwarben sich große Volks-tümlichkeit. Eine Reihe seiner bekanntesten Beiträge faßte er im »Schatzkästlein des rhein. Hausfreundes« (1811) zusammen.

heben [a:dn, heven], **ich hebe** (hob, o. hub, habe gehoben), 1) **ihn**, **es**, **bezeuge**, bringe in die Höhe (und setze an anderer Stelle nieder): *der Kran hebt 5000 Kilo auf 6 m Höhe; er hob die Hand zum Schwur*. 2) **es**, **steigere**, bringe zur Entfaltung, Wirkung: *das hebt sein Ansehen*. 3) **Schätze**, fördere zutage. 4) **ein Haus**, richte, führe hoch. 5) **etwas**, U. trinke. 6) **es**, **alemannisch**: halte es. 7) **es hebt sich**, steigt: *der Wasserspiegel hebt sich*. 8) **es hebt sich**, U. belebt sich, beginnt aufzublühen (Handel, Verkehr). 9) (habe gehoben) **es**, **schweizer**: greife, halte fest. **ich hebe ab**, 1) **es**, **lufte**, nehme weg. 2) **Geld**, lasse mir von meinem Guthaben auszahlen. 3) Kartenspiel: teile als rechter Nebenmann des Gebenden die Karten in zwei oder mehr Haufen und setze sie anders zusammen. 4) Stricken: nehme eine Masche ohne abzustricken herüber. 5) **nich** von ihm, unterscheid mich sehr: *die Farben heben sich gut voneinander ab*. 6) **ein Flugzeug hebt ab**, löst sich beim Start vom Boden. **ich hebe an**, 1) **es**, bringe ein Stück in die Höhe. 2) **etwas** zu tun, mit etwas. **P. beginne**: *er hob an zu reden*. **ich hebe auf**, 1) **es**, **ihn**, bringe in die Höhe: *er hob mir meine heruntergefallene Brille auf*. 2) **es**, **beende**: *er hob die Sitzung, die Tafel auf*. 3) **es**, **striche**, erkläre für nichtig: *die Verfügung wurde aufgehoben*. 4) **es**, **bewahre auf**: *den Versicherungsschein mußt du gut aufgehoben*. 5) **es**, **raume auf**. 6) **sie heben sich oder einander auf**, **eins hebt das andere auf**, eins zerstört die Wirkung des anderen: *+ 2 und - 2 heben sich auf*, ergeben 0. **ich hebe aus**, 1) **es**, grabe aus (Gräben). 2) **ihn**, **es**, wähle zum Heeresdienst aus. 3) **es**, hebe aus den Angeln (Tür, Fenster). 4) **ihn**, mache unschädlich, verhafte: *die Polizei hat das Verbrechernetz aufgehoben*. **ich hebe es ein**, 1) **hebe** in die Angeln (Tür, Fenster). 2) **osterr.**: erhebe, lasse zahlen (Steuern). **ich hebe es hervor**, U. betone, unterstreiche: *in der Rede wurde hervorgehoben, daß...*

Hebephrenie [zu → Hebel die], Form der → Schizophrenie. **Heber**, -s/-, Gerät zum Heben von Flüssigkeiten aus offenen Gefäßen durch den Luftdruck. Der Stechheber wird durch Ansaugen der Flüssigkeit, z. B. mit einem Gummiballon, gefüllt. Der Saug- oder Schenkellheber wird mit Flüssigkeit gefüllt und mit dem kurzen Ende in das Gefäß getaucht; dann fließt so lange Flüssigkeit heraus, wie die Ausflußöffnung tiefer liegt als der Flüssigkeitsspiegel im Gefäß. Der Gift-H. ist eine Sonderform des Saug-H. mit Hahn und besonderem Saugrohr. (Bun S. 532)

Heberer, Gerhard, Zoologe, Anthropologe, * Halle 20. 3. 1901, † Göttingen 13. 4. 1973, arbeitete über allg. Entwicklungsforschung, bes. Abstammungsgeschichte des Menschen. Hg.: »Die Evolution der Organismen« (1943).

Hebesatz, von den Gemeinden jährlich festzulegender Prozentsatz bei der Grund- und Gewerbesteuer, mit dem der Steuermeßbetrag zu vervielfältigen ist, um die Höhe der Steuerschuld zu berechnen.

Hebeltür, zur Vermeidung von Luftzug unten mit einer konischen Nut versehene Tür, die auf entsprechend geformter Schwelle aufsteht. Durch Hebelvorrichtung wird sie beim Öffnen in den Angeln gehoben.

Hebewerk, → Schiffshebewerk.

Hebezeuge **Pl.**, Sammelbezeichnung für Aufzug, Flaschenzug, Kran, Winde.

Hebr., Abk. für Hebräerbrief (N. T.).

Hebra, Ferdinand Ritter von, Dermatologe, * Brünn 7. 9. 1816, † Wien 5. 8. 1880, Schöpfer der modernen, auf die patholog. Anatomie gestützten Lehre von den Hautkrankheiten.

Hebräer, Ebräer, grch. **hebraios**, lat. **hebraeus** (hebr. 'ibri, 'iwri), im A. T. häufige Eigenbez. für Angehörige israelit. Stämme; daher auch Bez. ihrer Sprache als hebräisch (altjüdisch); in mehreren Sprachen Synonym für Juden.

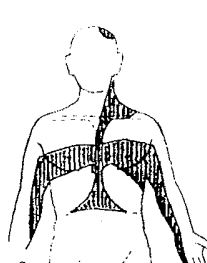
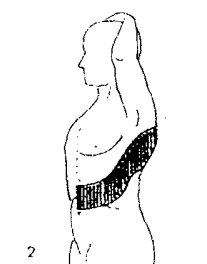
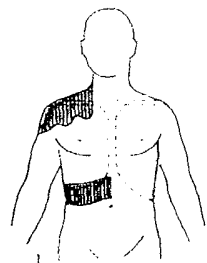
Hebräerbrief, theolog. Schrift des N. T. in Form eines Briefes, in der kirchl. Tradition Paulus zugeschrieben. Grundgedanke: Die



Friedrich Hebel
(aus einem Gemälde von K. Rahl)



Johann Peter Hebel



Headsche Zonen: 1 kurz nach einem Gallensteinanfall; 2 bei Entzündung der Bauchspeicheldrüse; 3 bei Herz- anfällen (Abb. 3 nach Hochrein/Schleicher: Herz-Kreislaufkrankungen)

Headsche Zonen

TRANSLATION INTO ENGLISH:

Heat Pipes [hi:t paips,engl.] *PL.* Wärmerore, device for the heat transport. Already at low temperature differences across the ends of H.P., the relative high heat quantity is conducted. They are the partially evacuated metal pipes, which inside walls are coated with a porous layer with capillary structure. At the more warm end of this pipe a liquid vaporizes and takes away with the evaporation heat. At the more cool end it condenses and gives the evaporation heat back. The condensate runs back again to the more warm end of the pipe through the capillary layer because of the capillarity effect.

In diesem Buch werden, wie in allgemeinen Nachschlagewerken üblich, etwa bestehende Patente, Gebrauchsmuster oder Warenzeichen nicht erwähnt. Wenn ein solcher Hinweis fehlt, heißt das also nicht, daß eine Ware oder ein Warenname frei ist.

Das Wort BROCKHAUS ist für Bücher aller Art für die F. A. Brockhaus GmbH als Warenzeichen geschützt.

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

[Vorauslexikon zur Brockhaus-Enzyklopädie, neunzehnte Auflage]

Vorauslexikon in fünf Bänden zur Brockhaus-Enzyklopädie, neunzehnte Auflage. – Mannheim: Brockhaus
ISBN 3-7653-0857-9

NF: Brockhaus-Enzyklopädie

2. El – I. – 1986.

ISBN 3-7653-0859-5

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© F. A. Brockhaus GmbH, Mannheim 1986 – V. Nr. M4
– ISBN für das Gesamtwerk: 3-7653-0857-9

für Band 2: 3-7653-0859-5

Satz: Satzzentrum Oldenburg GmbH, Oldenburg (Oldb)
Druck und Bindung: Neue Stalling GmbH,
Oldenburg (Oldb)

Printed in Germany

el, arab. Al
... el, an S
2) Körperteile
iel: Krüppel, 4
El [hebr.], 1
El-Aalün
Westsahara, (1
al-Hamra in d
Elaborat |
2) Geschreibse
Elagabal,
chen dem Heli
Kaiser, – Heli
Eläldin [gr
ner ungesättigt
riger Säure ode
Elaloplast
der Pflanze
El-Alamgir
dria, rd. 5000
Rommels Offe
EL AL Isra-
verkehrsgesells
Elam, grch.
bürge nordöstli
Pers. Golf; Hip
mer). E. spielt
Gesch. E. sist e
E. wollte das
bringen, ande
Trotzdem blieb
ruk-Nahhunte
v. Chr. erobert
von den Assyre
ständigkeit zeig
schneidekunst
Elamisch, e
inschriften. Ma
klass. E. (etwa
Achaimenidise)
hielt sie sich in)
Elan [auch el
[el'á vit'al], Le
die dem Leben
triebskraft.
Eläolith [gre
phelin.
Elara, ein M
El-Ara]isch
Küste Marokko
nen, Citrusfrücl
El-Arisch, f
küste der Halbir
ten Rhinokorr
1967-79 unter is
Elasmobr
El-Asnam, l
rien, am Chéllif-
der aufgebaut, r
Elaste Pl., a
Elastik [grch
wirke mit Gum
Elastin das
nen- und Blutge
elastisch [a
elastische F
von Elastomer
elastische
durch das Zusau
und der elast. Kr
recht zu seiner
durch Drehung
gungen ausfüh
Wird ein Stab in

01-NOV-02 19:36

DR. A.LUCHINSKIY

0671 35594

S.13

ENCLOSURE 2

Leistungsleistung entspricht einem Teil des Gesamt-Wärmebedarfs. Hierdurch arbeitet sie weit häufiger in der Nähe des Auslegungspunktes mit gutem Wirkungsgrad als im ungünstigeren Teillastbereich. Man unterscheidet zwischen bivalent alternativer Betriebsweise, bei welcher der Wärmebedarf ab einem Dimensionierungspunkt durch die Zusatzheizung allein gedeckt wird (Bild, Fläche 1+2) und der bivalent parallelen \rightarrow Betriebsart, bei welcher die Wärmepumpe auch bei niedrigsten Außentemperaturen weiterarbeitet (Fläche 2+3) und von der Zusatzheizung (Fläche 1) unterstützt wird. Knoche

Wärmepumpe, verbrennungsmotorisch betriebene \rightarrow Wärmepumpe

Wärmequelle. Energiereservoir für Niedertemperaturwärme. \rightarrow Wirtschaftlichkeit, Aufbau und Betriebsweise einer \rightarrow Wärmepumpe hängen weitgehend von der vorhandenen W. ab.

Natürliche W. haben alle einen jahreszeitlich veränderlichen Gang der Temperatur, der z. B. beim Wasser als W. weit weniger ausgeprägt ist als z. B. bei der Luft.

Bei der Erschließung von W.n sind folgende Kriterien zu berücksichtigen:

Die benötigte Wärmemenge soll zu jeder Zeit in ausreichender Menge zur Verfügung stehen;

Die Temperatur der W. soll möglichst hoch sein,

so daß die Temperaturdifferenz zwischen Nutzfläche und W. klein ist und so eine hohe \rightarrow Heizzahl erreicht wird;

Die Erschließungskosten der W. sollen gering sein.

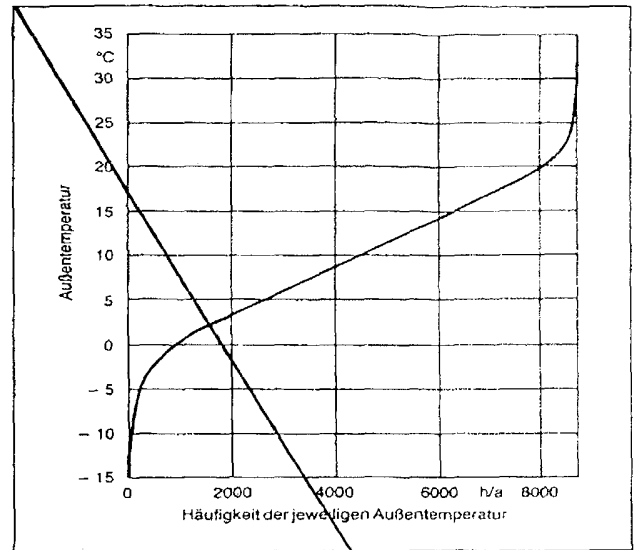
Bei \rightarrow Energieaufwand für Pumpen und Ventilation soll gering sein.

Im Bereich der Hausheizung sind folgende Wärmequellen geeignet:

Luft: Die normale Atmosphäre ist überall und jederzeit verfügbar und stellt ein fast unerschöpfliches Energiereservoir dar, allerdings bei sehr unterschiedlichen Temperaturen. Für die Bemessung der Wärmepumpe mit der W. Luft ist deshalb der jahreszeitliche Verlauf der Lufttemperaturen von ausschlaggebender Bedeutung. Eine typische Kurve der Temperaturhäufigkeit zeigt, daß die Temperatur etwa während 200 h/Jahr unter -5°C und nur während 900 h/Jahr unter 0°C liegen (Bild).

Wasser: Wasser ist wegen seiner guten Wärmeübertragungseigenschaft und hohen Wärmekapazität eine ideale Wärmequelle. Für Wärmepumpen ist falls verfügbar \rightarrow Grundwasser oder Oberflächenwasser (Flüsse und Seen) verwendet. Grundwasser hat eine fast gleichmäßige Temperatur von 10°C . Damit ergeben sich für den Heizbetrieb hohe Heizzahlen.

Erdboden: Der Erdboden besitzt ein großes Speichervermögen für die aufgenommene Sonnen-



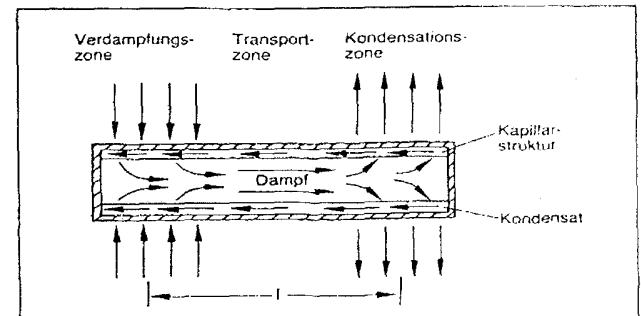
Wärmequelle: Jahreshäufigkeit der Außentemperaturen am Beispiel der Stadt Mannheim. (Quelle: Trenkowitz: Die Wärmepumpe. In: VDI-Bericht 136. Düsseldorf: VDI-Verlag 1969)

wärme und hat ab Tiefen von 1,5 m eine praktisch konstante Temperatur von rd. $+10^\circ\text{C}$. Aus wirtschaftlichen Gründen werden für kleinere Anlagen Rohrschlangen für den Wärmetausch nicht tiefer als 0,80–1,50 m verlegt, wobei der Verlegeabstand ≥ 1 m betragen soll.

Aus Sicherheitsgründen wird als Wärmeträger ein \rightarrow Frostschutzmittel verwendet. Aus industriellen und gewerblichen Abwässern kann oftmals mit verhältnismäßig wenig Aufwand \rightarrow Abwärme zurückgewonnen werden. Knoche

Wärmerohr (Heat Pipe). Ein W. (engl. heat pipe) ist eine Apparatur mit sehr hohen effektiven Wärmetransporteigenschaften, die durch die Kombination von \rightarrow Verdampfung und \rightarrow Kondensation in einem geschlossenen Gefäß erreicht werden.

Den Aufbau und die Funktion eines W. zeigt Bild 1. Das W. weist eine Verdampfungszone, eine



Wärmerohr 1: Schematische Darstellung.

Nut-
eizzahl

0,80–1,50 m verlegt, wobei der Verlegeabstand ≥ 1 m betragen soll.

gering

Aus Sicherheitsgründen wird als Wärmeträger ein \rightarrow Frostschutzmittel verwendet. Aus industriellen und gewerblichen Abwässern kann oftmals mit verhältnismäßig wenig Aufwand \rightarrow Abwärme zurückgewonnen werden.

Knoche

lgende

all und

öfliche

unter

essung

alb der

en von

Kurve

peratur

und mit

Bild)

Wärme

kapaz

umper

Ober

Grund

tur von

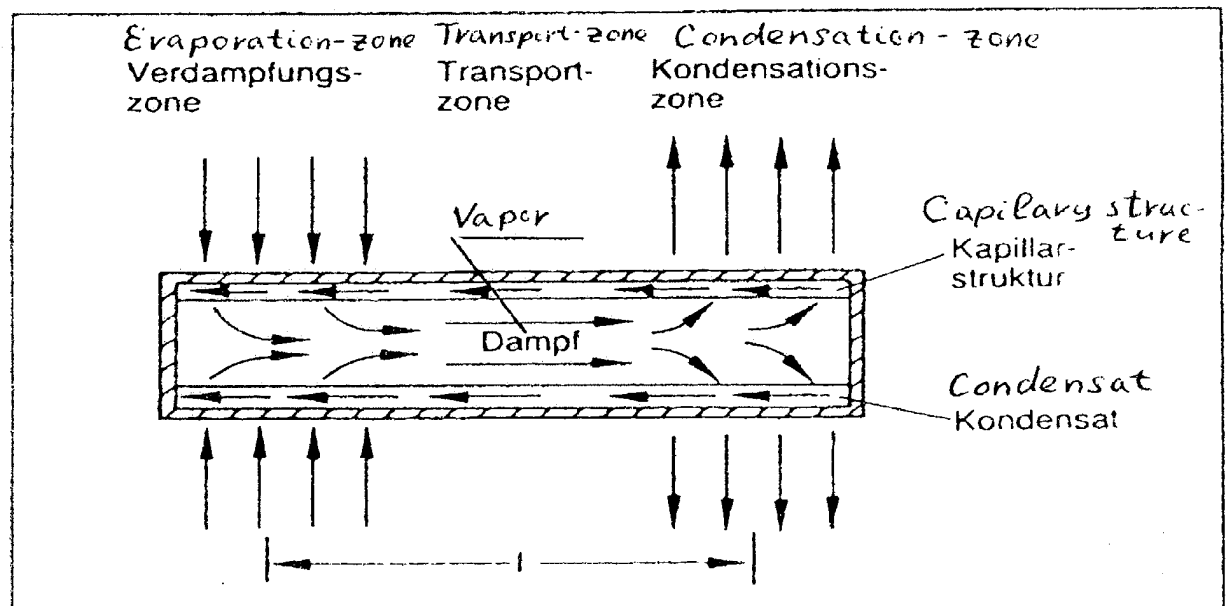
betrie

es Spe

onne

Wärmerohr (Heat Pipe). Ein W. (engl. heat pipe) ist eine Apparatur mit sehr hohen effektiven Wärmetransporteigenschaften, die durch die Kombination von \rightarrow Verdampfung und \rightarrow Kondensation in einem geschlossenen Gefäß erreicht werden.

Den Aufbau und die Funktion eines W. zeigt Bild 1. Das W. weist eine *Verdampfungszone*, eine



Wärmerohr 1: Schematische Darstellung.
Heat pipe 1: Schematic representation

Wärmerohr

Transportzone und eine Kondensationszone auf. Im Bereich der Verdampfungs- oder Heizungszone wird dem evakuierten W. Wärme zugeführt. Dabei strömt der in seinem Inneren befindliche Wärmeträger und strömt mit großer Geschwindigkeit über die Transportzone der Kondensations- oder Kühlzone zu. Hier findet die Wärmeabgabe an das umgebende Medium statt. Das → Kondensat strömt schließlich über eine Kapillarstruktur wieder in die Verdampfungszone zu. Als Kapillaren kommen Gewebe oder Rillen bzw. Vertiefungen in der Wand des Tragstruktur zum Einsatz. Bei der Auswahl der Materialien spielen Temperatur- und Korrosionsbeständigkeit eine entscheidende Rolle.

Eine typische Eigenschaft des Wärmerohres ist die hohe Wärmeübertragungsleistung. Vergleicht man ein W. mit einem homogenen Metallstab, so ist die scheinbare Wärmeleitfähigkeit bis zu 1000-fach so hoch wie die eines guten metallischen Stabes. Deshalb werden W. dort eingesetzt, wo Bauteile mit hohen Wärmestromdichten gekühlt werden müssen. Die geringen Temperaturunterschiede zwischen der Verdampfungs- und Kondensationszone ermöglichen den Ausgleich auch kleiner Temperaturdifferenzen. Damit können z. B. Spannungen innerhalb von Bauteilen vermieden werden. Dem kontinuierlichen Betrieb von W. sind dann Grenzen gesetzt, wenn der ständige Druckabfall die Kapillardruckdifferenz übersteigt, die kritische Wärmestromdichte an der Grenze erreicht wird oder wenn die Schallgeschwindigkeit des Dampfes auftritt (Bild 2). Stöckstreiber Betrieb eines W. ist möglich bei waagerechter bzw. geneigter Lage, wenn sich die Kondensationszone oberhalb der Heizzone befindet und so die Addition von Kapillar- und Schwerkraft vorhanden ist. Um Anlaufschwierigkeiten zu vermeiden sollte eine leichte Neigung des Elementes gegeben sein. Trocknet das Wärmerohr in der

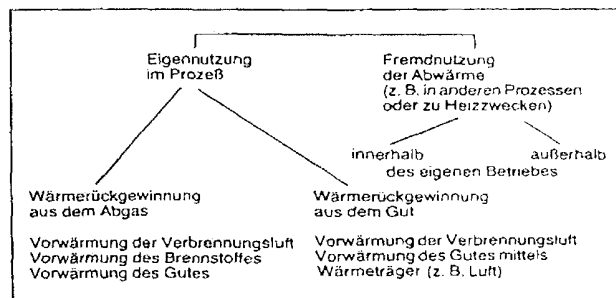
Heizzone aus, kann dies bei aufgeprägter Wärmestromdichte zur Zerstörung führen (burn out).

W. Köhler

Literatur: Asselmann, G. A. A. u. D. B. Green: Das Wärmerohr – 1. Arbeitsweise und Eigenschaften. Philips techn. Rundschau 33 (1973/74) Nr. 4, S. 108–117. – Cotter, T. P.: Theory of Heat Pipes. Los Alamos, N. M., USA: Los Alamos Sci. Lab. Rep. LA-3246-MS 1965. – Dunn, P. u. D. A. Reay: Heat Pipes. Third Edition. Pergamon Press 1982. – Moritz, K. u. R. Prinschek: Grenzen des Energietransportes in Wärmeröhren. Chemie-Ing.-Technik 41 (1969) Nr. 1 u. 2, S. 30–37. – Reay, D. A.: Advances in Heat Pipe Technology. Pergamon Press 1982. – Zimmermann, P. u. R. Prinschek: Grundlagen und industrielle Anwendung von Wärmeröhren. Dechema-Monographien Bd. 65, Nr. 1168–1192, S. 67–84.

Wärmerückgewinnung.

Industrieöfen. Die verschiedenen Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung in Ofenprozessen werden im Bild veranschaulicht. Zunächst ist zwischen der Eigennutzung der → Abwärme im Prozeß selbst und der Fremdnutzung in anderen Prozessen zu unterscheiden. Die Eigennutzung der Abwärme ist jedoch immer vorzuziehen, da nur so der → Primärenergieverbrauch des betreffenden Prozesses vermindert werden kann. Eine solche Energierückführung setzt allerdings häufig wesentliche Änderungen der Prozeßführung voraus. Für die Fremdnutzung stehen geeignete Wärmeverbraucher im eigenen Betrieb nur selten in erforderlichem Umfang zur Verfügung oder können außerhalb meist aus wirtschaftlichen Gründen nicht gefunden werden. Bei der Eigennutzung von Abwärme kann man zwischen der Wärmerückgewinnung aus dem → Abgas und der aus dem Gut unterscheiden (Bild).



Wärmerückgewinnung, Industrieöfen: Möglichkeiten der W. in Ofenprozessen.

Bei der erstgenannten Gruppe handelt es sich um eine Wärmerückgewinnung durch Vorwärmung der Verbrennungsluft bzw. manchmal auch des Brennstoffs sowie um eine Nutzung der Abwärme durch Vorwärmung des Gutes. Zur zweiten Gruppe zählen hingegen Prozesse, bei denen die Verbrennungsluft unter Nutzung der Kühlwärme vorgewärmt oder bei denen die Abwärme aus dem Kühlprozeß mit Hilfe von meist gasförmigen Wärmeträgern zur Vorwärmung des Gutes verwendet wird. Die Nutzung von

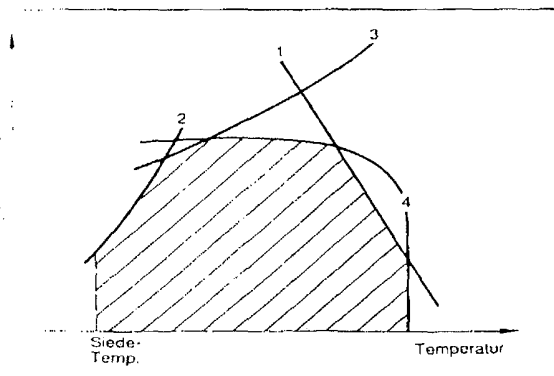


Bild 2: Einengung des Arbeitsbereiches durch Randbedingungen.

1 Grenze durch Wärmestromdichte, 2 Grenze durch Schallgeschwindigkeit, 3 Grenze durch Schwerkraft, 4 Grenze durch Kapillarkraft

VDI-Lexikon Energietechnik

Herausgegeben von
Prof. Dr.-Ing.
Dr.-Ing. E. h. Helmut Schaefer VDI

Vereinbarung:
Bücher-Zeitschr.-Verzeichnis
Nr. 1994/1273-N
27. Okt. 1994
BIBLIOTHEK PHYSIK
der Philipps-Universität Marburg

Gund
Bibliotheksgestellte BAT Vb
DN 235,60

VDI VERLAG

1994/1273-N

01-NOV-02 19:42

DR. A.LUCHINSKIY

0671 35594

S.18

ENCLOSURE 3

Russian edition of US reference book :

[Справочник по теплообменникам в двух томах, т. 2, Москва, Энергоатомиздат, 1987.]

This reference book is a translation from English of the book:

[Heat Exchanger Design Handbook, 1983, Hemisphere Publishing Corporation.]

Справочник по теплообменникам (перевод с англ.)

104

КОМПАКТНЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ Разд. 3.9

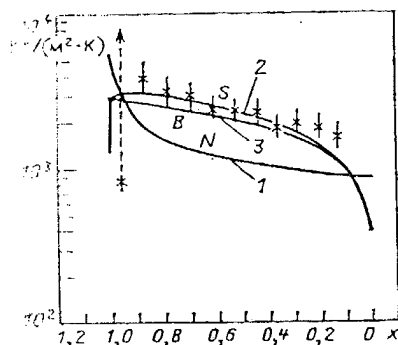


Рис. 2. Коэффициент теплоотдачи при конденсации азота в зависимости от числа Рейнольдса. Давление пара 2,37 кПа, массовый поток 58,3 кг/с, тепловой поток 6,26 кВт/м².
x — результаты измерений; — — — результаты расчета

рам. В этой модели также учитывается влияние трения на границе раздела фаз.

Сравнение результатов коэффициентов теплопередачи с экспериментальными данными не превышает 20%.

В работе [39] приведены результаты измерения коэффициентов теплоотдачи при испарении азота [39] и теплоносителя R-11 на поверхности со смещенными ребрами, имеющей 591 ребро на 1 м. На рис. 2 представлена экспериментальная зависимость коэффициентов теплоотдачи от числа Рейнольдса ($Re_L = D_h G / \eta_L$) и паросодержания в качестве параметра. Авторы работы пришли к выводу, что при эксперименте отсутствовало пузырьковое кипение и

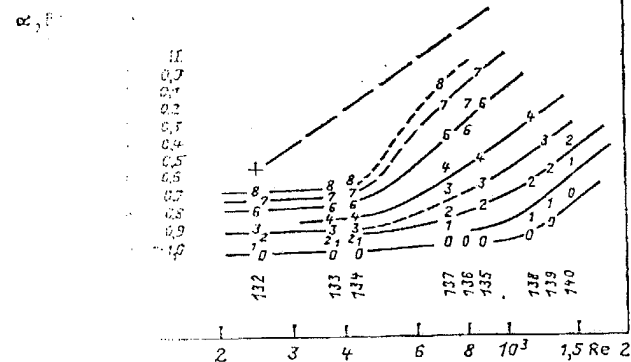


Рис. 3. Зависимость коэффициента теплоотдачи при кипении от числа Рейнольдса ($Re_L = D_h G / \eta_L$) для теплоносителя R-11

теплота передавалась преимущественно конвекцией. При $800 < Re_L < 1600$ коэффициенты теплоотдачи не зависели от Re . Выше значений Re_L , соответствующих переходной области, коэффициенты теплоотдачи были пропорциональны $Re_L^{0.8}$. Из экспериментальных данных также следует, что интервалы Re_L , соответствующих переходной области, при кипении азота и теплоносителя R-11 совпадают.

В [38] приведены результаты исследования испарения аммиака на поверхности со смещенными ребрами. Авторы предположили, что их аналитическая модель конденсации применима также к испарению тонкой жидкой пленки. Расхождение результатов расчета по этой модели коэффициентов теплопередачи и экспериментальных данных не превышает 5%. Поскольку в этой модели не учитывается возможность срыва пленки жидкости, возможность ее применения ограничена критическими значениями Re , при которых наступит этот срыв. Авторы считают, что критическое значение $Re \approx 1000$. Результаты расчетов по этой модели не очень хорошо совпадают с экспериментальными данными, приведенными в [39].

Принятые обозначения

a — толщина пластины, меньшая сторона сечения канала прямоугольной формы; A — общая площадь теплообменной поверхности по одной стороне; A_c — минимальная площадь проходного сечения свободного потока в теплообменнике; A_f — общая площадь поверхности ребра; A_{ff} — площадь фронтального сечения теплообменника; b — расстояние между пластинами, большая сторона сечения канала прямоугольной формы; C — произведение расхода на теплосмкость (водяной эквивалент); C_c , C_h — водяной эквивалент по горячей и холодной стороне, соответственно; C_{min} , C_{max} — минимальное и максимальное значение из C_c и C_h соответственно; G — массовая скорость потока; L — общая длина потока в теплообменнике, длина ребра для поверхности со смещенными ребрами; $m = \sqrt{2a/k\delta}$ — параметр эффективности ребра; s — расстояние между центрами стержневых ребер; α — отношение b/a для прямоугольного канала; β — отношение общей теплообменной поверхности по одной стороне к объему между пластинами по этой же стороне; γ — отношение общей теплообменной поверхности к объему теплообменника; P — затраты мощности на прокачку, отношение к единице теплообменной поверхности; $R = (\dot{M}C_p)_{min}/(\dot{M}C_p)_{max}$; δ — толщина ребра; ϵ — эффективность теплообменника; η_f — эффективность ребра; σ — отношение площади проходного сечения свободного потока к площади фронтального сечения теплообменника A_c/A_{ff} .

Индексы

f_d — стабилизированные значения параметров;
 m — средние значения; 1, 2 — горячая, холодная сторона, вход, выход.

Раздел 3.10 ТЕПЛОВЫЕ ТРУБЫ

Чизхолм

3.10.1 Введение

Тепловые трубы (рис. 1, а) представляют собой замкнутую систему, в которой теплота передается посредством испарения жидкости в одной точке и конденсации в другой.

Жидкость возвращается в зону кипения под действием капиллярных сил через пористую среду. Именно использование капиллярных сил является характерной особенностью тепловых труб.

С тепловыми трубами тесно связаны двухфазные тер-

§ 3.10 ЦИРКУЛЯЦИЯ И ПЕРЕДАЧА ТЕПЛОТЫ

105

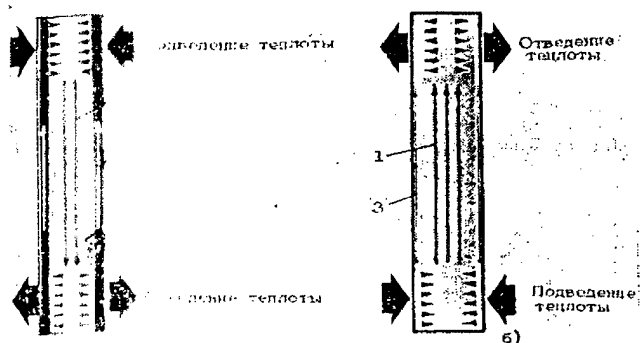


Рис. 3.10. а) тепловая трубка (а) и термосифон (б);

1 — капиллярная структура; 3 — конденсат, стекающий под действием тяжести

мощности (рис. 1, 2), где конденсат возвращается в зону испарения под действием гравитационных сил, а не как в тепловых трубах. Поэтому в термосифонных трубах зона испарения должна быть расположена ниже зоны конденсации, как и в тепловых трубах зона испарения расположена произвольно по отношению к конденсатору. В тепловых трубах возможна даже передача тепла в направлении, противоположном направлению гравитации.

Известно, что градиент давления в паре мал, градиент температур вдоль тепловых труб также могут быть высокими. Поэтому при высоких значениях теплопроводности таких устройств можно получить в 1000 раз теплопроводность медного стержня того же размера. В тепловых трубах с литием и калием теплопроводность жидкости и при температуре 1500 °C достигают значений, тепловых потоков составляли 1500 Вт/см². В тепловых трубах, в которых передача теплоты происходит в одном направлении, противоположном силам гравитации, максимальную длину около 40 см достигают существующих пористых наполнителей. В тепловых трубах была опубликована работа [2]. Когда автор этого раздела работал над книгой по тепловым трубам [2], в его распоряжении было 1500 часов. В настоящее время должно быть опубликовано еще две монографии [3, 4]. Высокой эффективной теплопроводности теплообменники обладают также гибкостью, могут функционировать в вакууме, тепловой диод и преобразователь теплового потока и термическую поверхность. Поэтому тепловые трубы находят широкое применение в различных отраслях техники (табл. 1).

3.10.1 Циркуляция и передача теплоты

В точках вдоль тепловой трубы перепад статического давления фаз на границе раздела паровой и жидкой фаз сбалансирован локальной разностью давлений в капиллярах. Условия равновесия имеют вид

$$p_v - p_l = 2\sigma \cos \alpha / r, \quad (1)$$

где p_v и p_l — давления в паре и жидкости соответственно, σ — поверхностное натяжение, α — угол смачивания, r — радиус капилляра. Показано изменение давления, расхода и температуры фаз вдоль тепловой трубы. Максимальная

Таблица 1. Применение тепловых труб в различных отраслях науки и техники, в том числе в отдельных процессах и элементах оборудования

Сфера применения	Литература
Температурный режим батарей	[5]
Биология	[6, 7]
Тормозные системы	[8]
Газификация углей	[9, 10]
Охлаждение электронного оборудования	[12—14]
Криохирurgia	[15]
Размораживание	[16—18]
Литейное производство	[19, 20]
Бытовые приборы	[21]
Сушка	[22]
Электродвигатели	[23, 24]
Хранение энергии и конверсия	[25—28]
Сушка волокон	[29]
Пищевая промышленность	[11, 31]
Подготовка топлива	[32, 33]
Газовые турбины	[34, 35]
Использование теплоты Земли	[36]
Производство стекла	[37, 38]
Восстановление тепла	[22, 29]
Контрольно-измерительные приборы	[40]
Лазеры	[41]
Ядерная энергетика:	
реакторы	[42—45]
экспериментальные исследования	[46]
Производство стали	[37]
Печи	[48—50]
Стабилизация вечной мерзлоты	[51—53]
Плазменная резка	[54]
Рекуператоры	[55—56]
Охлаждение ракетных двигателей	[57]
Космическая техника	[58—60]
Машины Стирлинга	[30, 61]
Солнечные коллекторы	[62—65]
Термическое бурение	[66]
Термодинамика	[67]
Различное оборудование, применяемое в тропических условиях	[68]
Кондиционирование воздуха и вентиляция	[22, 69]
Использование тепловых отходов	[70—72]

циркуляция возникнет, когда отсутствует разность между давлениями фаз в одной точке (в иллюстрируемом случае эта точка соответствует концу зоны конденсации), тогда как в испарителе существует граница раздела фаз в сечении, в котором радиус капилляров наименьший. Тогда разность давлений в капиллярах вдоль длины тепловой трубы

$$\Delta p_\sigma = 2\sigma \cos \alpha / r_\sigma. \quad (2)$$

Если разность давлений в капиллярах не равна нулю в конце зоны конденсации трубы, разность давлений, создаваемая капиллярными силами,

$$\Delta p_\sigma = 2\sigma \left(\frac{\cos \alpha_\sigma}{r_\sigma} - \frac{\cos \alpha_c}{r_c} \right). \quad (3)$$

Капиллярная разность давлений в стационарном состоянии уравновешивается трением, изменением количества движения и гравитационной разностью давлений в фазах. Это можно выразить в виде

$$-\Delta p_\sigma = \Delta p_v + \Delta p_l, \quad (4)$$

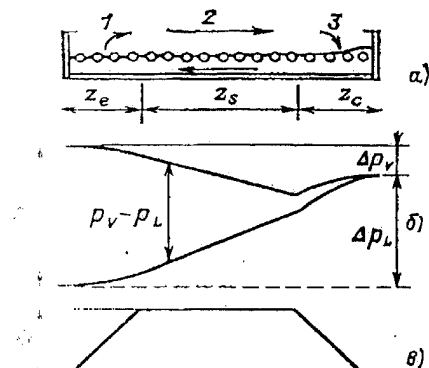


Рис. 1. Изменение уровня поверхности раздела (а), статического давления (б) при массовом потоке вдоль тепловой трубы (а): 1 — испаритель; 2 — участок транспорта жидкости; 3 — конденсатор

причем $\Delta p_{\text{ст}}$ означает увеличение давления в направлении потока пара по всей длине тепловой трубы, если не оговорено иное.

Изменение статического давления в жидкости может быть вычислено как

$$\Delta p_{\text{ст}} = \rho_l \Delta p_{\text{ст}} \quad (5)$$

Разность давления, обусловленная изменением импульса, обычно мала для жидкостей. Разность давления, вызванная трением при капиллярном течении в пористой среде, может быть выражена в виде

$$\Delta p_{\text{тр}} = \frac{M^2 Z_{\text{eff}}}{\rho_l K A} \quad (6)$$

Из-за малых размеров пор в наполнителях течение жидкости обычно ламинарное. Следует отметить, что здесь используется эффективная длина Z_{eff} , что позволяет учесть изменение массовой скорости на участках испарения и конденсации (рис. 1). Если предположить, что скорости испарения и конденсации на соответствующих участках одинаковы, можно показать, что

$$Z_{\text{eff}} = \frac{1}{2} (Z_l + Z_c) \quad (7)$$

Изменение давления вследствие действия гравитационных сил

$$\Delta p_g = \rho_l g Z \sin \theta \quad (8)$$

Угол θ изменяется от 0 до 180°, причем угол 180° соответствует горизонтальной трубе, при котором испаритель находится выше конденсатора и жидкость течет вверх. Из (6) и (8) следует

$$\Delta p_l = \frac{M^2 Z_{\text{eff}}}{\rho_l K A} - \rho_l g Z \sin \theta \quad (9)$$

Если перепад давления в паре пренебрежимо мал, из (2) следует выражение для максимального расхода при капиллярном тчении

$$\dot{M} = \frac{\rho_l K A}{Z_{\text{eff}}} \left(\frac{2}{r_{\sigma}} - \frac{\rho_l g Z \sin \theta}{\sigma \cos \alpha} \right) \quad (10)$$

где r_{σ} — радиус тепловой трубы

$$Q = \dot{M} \quad (11)$$

При отсутствии сил тяжести и при обычном предположении о идеальном смачивании ($\cos \alpha = 1$),

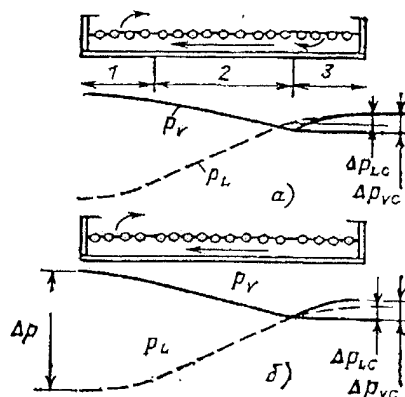


Рис. 2. Изменение статического давления и уровня поверхности раздела при $\Delta p_{\text{ст}} > -\Delta p_{\text{лс}}$: а — нестабильная ситуация при $\Delta p_{\text{ст}} > -\Delta p_{\text{лс}}$; б — стабильная ситуация при $\Delta p_{\text{ст}} > -\Delta p_{\text{лс}}$; 1 — испаритель; 2 — участок транспорта жидкости; 3 — конденсатор

(11) с учетом (10) принимает вид

$$Q = 2 \frac{\sigma \rho_l \Delta h_v}{\eta_l} \frac{K A}{r_{\sigma} Z_{\text{eff}}} \quad (12)$$

Следует отметить, что первый множитель в правой части (12) характеризует только свойства жидкости, тогда как второй определяет свойства пористого наполнителя. Это удобно при выборе рабочей жидкости и наполнителя.

На практике капиллярная разность давления часто находится измерением так называемой высоты поднятия жидкости в капилляре (высоты, на которую поднимется жидкость в пористом наполнителе в поле тяжести и при отсутствии трения)

$$Z_r = \frac{\Delta p_{\sigma}}{\rho_l g} \quad (13)$$

Используя (13), уравнение (10) можно записать в виде

$$Q = \frac{\rho_l^2 \Delta h_v K A Z_r}{\eta_l Z_{\text{eff}}} \quad (14)$$

а (12) в виде

$$Q = \frac{\rho_l^2 \Delta h_v K A Z_r}{\eta_l Z_{\text{eff}}} \quad (15)$$

На рис. 2 изображен случай, когда $\Delta p_{\text{лс}} > -\Delta p_{\text{ст}}$, т. е. когда восстановление давления в направлении потока пара меньше, чем перепад давления в направлении потока жидкости.

Если $\Delta p_{\text{ст}} > -\Delta p_{\text{лс}}$, граница раздела фаз и точка, в которой кривизна поверхности раздела фаз равна нулю, находятся в конце конденсатора, то распределение давления имеет вид, показанный на рис. 2, а. При входе пара в зону конденсации p_l больше, чем p_v , следовательно, в этой точке неизбежно возникла бы выпуклая поверхность, как показано на рис. 2, а. Этого не происходит при нормальных условиях смачивания поверхности, и возникает равновесное распределение давления (рис. 2, б). В этом случае капиллярная разность давлений уравновешивается перепадом давления на участках испарения и транспорта жидкости. При прочих равных условиях в таком случае циркуляция будет выше. В табл. 1 приведены ссылки на литературу, в которой эти вопросы рассмотрены более подробно.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

107

1. Литература по отдельным проблемам тепловых труб

Тема	Литература
Графини и общие вопросы	[2—4, 74, 75]
Конвекция и передача теплоты	[76]
Конвекция паром	[77, 78]
Конвекция капиллярных структур	[79, 88]
Конвекция на границе раздела фаз	[81]
Конвекция насыщенные наполнители	[82]
Конвекция в пористых трубах	[83]
Конвекция в трубах	[84]
Конвекция в трубах	[85—88]
Конвекция в трубах	[89, 90]
Конвекция в трубах	[91, 92]
Конвекция в трубах	[93—95]
Конвекция в трубах	[84, 96—102]
Конвекция в трубах	[103, 104]
Конвекция в трубах	[105, 106]
Конвекция в трубах	[107—110]
Конвекция в трубах	[111—117]
Конвекция в трубах	[73, 87, 118—120]
Конвекция в трубах	[121]
Конвекция в трубах	[122—126]
Конвекция в трубах	[127—129]
Конвекция в трубах	[117—130]
Конвекция в трубах	[131—132]
Конвекция в трубах	[133]
Конвекция в трубах	[134—135]
Конвекция в трубах	[41, 136, 137]
Конвекция в трубах	[133]
Конвекция в трубах	[138]
Конвекция в трубах	[139, 140, 141—147]
Конвекция в трубах	[148—149]
Конвекция в трубах	[150—153]
Конвекция в трубах	[154—155]
Конвекция в трубах	[156]
Конвекция в трубах	[128—157]
Конвекция в трубах	[81]
Конвекция в трубах	[81, 150, 158—160]
Конвекция в трубах	[25, 161—163]
Конвекция в трубах	[164—170]
Конвекция в трубах	[5, 71, 171, 172]
Конвекция в трубах	[173]
Конвекция в трубах	[174, 175]
Конвекция в трубах	[176, 177]
Конвекция в трубах	[71, 109, 178—184]
Конвекция в трубах	[185—186]
Конвекция в трубах	[56, 185]
Конвекция в трубах	[173, 187]
Конвекция в трубах	[190—193]

Продолжение табл. 1

Тема	Литература
Керамические тепловые трубы	[194]
Соответствующие стенки	[195]
Совершенствование	[146, 196]
Взрыв	[197]
Гибкость	[154]
Перемещение газа	[198]
Общие вопросы	[135]
Высокие температуры	[41, 136, 137]
Срок эксплуатации	[10, 190, 199, 200]
Низкие температуры	[133]
Изготовление	[201—204]
Выбор материала	[9, 27, 191, 205, 206]
10. Смежные вопросы	
Теплообменники с тепловыми трубами	[22, 55, 56, 194, 207—209]
Восстановление тепла	[35, 72]
Тепловые трубы с вспомогательной подкачкой	[212]
Жидкие ребра	[213]
Осмотические тепловые трубы	[214, 215]
Фотохимические тепловые трубы	[216]
Вращающиеся тепловые трубы	[131, 217, 29]
Термосифоны	[51, 185, 218, 219, 211]

3.10.3. Распределение температуры и радиальный тепловой поток

На рис. 1 схематически показано изменение температуры жидкости в процессе циркуляции в тепловой трубе. Начиная с конца зоны конденсации и по направлению течения температура жидкости на поверхности уменьшается до тех пор, пока жидкость не достигнет выхода из конденсатора. На участке транспорта жидкости температура жидкости увеличивается в результате передачи теплоты от пара. В испарителе температура быстро возрастает при передаче теплоты через стенку, пока не достигнет значений, больших, чем температура пара. Так как давление жидкости в испарителе ниже, чем давление пара в результате действия капиллярных сил, температура насыщения жидкости ниже температуры насыщения пара. Таким образом, в испарителе жидкость находится при температуре выше ее температуры насыщения. Кипение подавляется

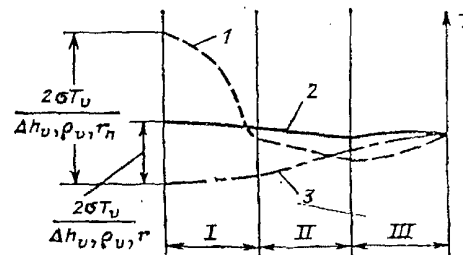


Рис. 1. Распределение температуры жидкости и пара: 1 — жидкость на поверхности стенки; 2 — пар; 3 — температура жидкости; I — испаритель; II — зона транспорта жидкости; III — конденсатор

Таблица 1. Эффективная теплопроводность наполнителей [1]

Структура наполнителя	λ_L , Вт/(м ² ·К)
Чередование жидкости и пористой среды	$\frac{\lambda_L \lambda_w}{\varepsilon \lambda_w + (1 - \varepsilon) \lambda_L}$
Жидкость в пористой среде	$\varepsilon \lambda_L + (1 - \varepsilon) \lambda_w$
Пористая среда, расположенная параллельно экрану	$\frac{\lambda_L [(\lambda_L + \lambda_w) - (1 - \varepsilon) (\lambda_L - \lambda_w)]}{(\lambda_L + \lambda_w) + (1 - \varepsilon) (\lambda_L - \lambda_w)}$
Сферы в пористой среде	$\frac{\lambda_L [(2\lambda_L + \lambda_w) - 2(1 - \varepsilon) (\lambda_L - \lambda_w)]}{(2\lambda_L + \lambda_w) + (1 - \varepsilon) (\lambda_L - \lambda_w)}$
Прямоугольные пазы	$\frac{(\omega \lambda_L \lambda_w \delta + \omega \lambda_L) (0,185 \omega \lambda_w + \delta \lambda_L)}{(\omega + \omega_f) (0,185 \omega \lambda_f + \delta \lambda_L)}$

действием сил поверхностного натяжения на центры парообразования при условии, что разность температур в наполнителе невелика, чем

$$T_{wp} - T_{wz} = \frac{2\sigma}{r_L} \left(\frac{2\sigma}{r_L} - \frac{2\sigma}{r_L} \right). \quad (1)$$

После выхода пара из испарителя его температура падает по всему проточному потоку, при этом уменьшаются давление и плотность теплоты к жидкости. Небольшая часть пара конденсируется при определенных условиях до поступления в конденсатор. В зоне конденсации может быть небольшое увеличение температуры, связанное с ростом давления пара. Так как изменение давления вдоль всего пути пара невелико, градиент температур в паровой фазе, как правило, также невелик в абсолютном выражении (менее 2 К).

Эффективная теплопроводность некоторых типов насыщенных пористых структур приведена в табл. 1. Радиальный тепловой поток в испарителе определяется тогда из соотношения

$$q = \lambda_L (T_{wp} - T_{wz}). \quad (2)$$

Аналогичное уравнение получается и для конденсатора, но с противоположным знаком. Из (1) и (2) следует, что значение минимального теплового потока, при котором не наступит испарения в капиллярной структуре, равно:

$$q = \frac{\lambda_L T_{wp}}{\Delta T_{wp}} \left(\frac{2\sigma}{r_L} - \frac{2\sigma}{r_L} \right). \quad (3)$$

Для пористых структур это значение может быть прецизионным, поскольку жидкость частично проникает в пористую структуру и существенно уменьшает ее толщину. Это, однако, имеет отрицательную сторону — уменьшается площадь сечения для жидкости и ее циркуляция.

3.10.4. Ограничения мощности

Мощность, передаваемая тепловыми трубами, может быть ограничена по следующим соображениям: скорость пара не должна превышать звуковую или скорость кипения; необходимо избегать уноса жидкости паром (в противном случае в испарителе будет недостаток жидкости); в паровой фазе не должно быть кипения;

скорость циркуляции имеет предел для данной жидкости.

На рис. 1 схематически показано [108], как эти четыре ограничивающих фактора определяют область рабочих параметров тепловых труб данной конструкции. При низком давлении звуковая скорость может быть ограничивающим фактором, так как плотность пара невелика (область 1-2). В области 2-3 перенос теплоты ограничен уносом жидкости паром. В области 3-4 ограничения на мощность обусловлены капиллярными эффектами. В области 4-5 продольный перенос теплоты ограничен кипением внутри наполнителя. На практике рабочие параметры выбираются внутри области 3-4.

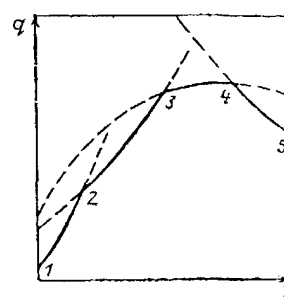


Рис. 1. Условия эксплуатации тепловых труб

3.10.5. Выбор рабочей жидкости

Рабочая жидкость должна иметь следующие свойства: высокое поверхностное натяжение для эффективного использования капилляров; хорошие характеристики смачивания по тем же соображениям; низкую вязкость; высокие значения теплоты фазового перехода; высокую теплопроводность для передачи теплоты от жидкости к наполнителю; температуры кипения и замерзания в пределах рабочих температур; высокую плотность; совместимость с наполнителем и стенками трубы в отношении коррозии; химическую стабильность.

Уравнение (12), § 3.10.2, содержит комбинацию свойств, которая может быть определена как фактор пере-

Таблица 1. Рабочие жидкости и их характеристики

Интервал рабочих температур, °С	Рабочая жидкость	Свойства при атмосферном давлении		Материал для кожуха и наполнителя
		Температура кипения, °С	Фактор переноса $\frac{1}{(\lambda \mu)^{0.5}}$	
-200 ÷ -170	Азот	-196	0,9	Нержавеющая сталь
-70 ÷ +50	Аммиак	-33	10	Нержавеющая сталь, никель, алюминий
-60 ÷ +40	Фреон-12	-30	1	Нержавеющая сталь, медь
-30 ÷ +100	Метанол	65	5	Медь
10—200	Вода	100	50	Медь, никель
190—500	Ртуть	356	200	Нержавеющая сталь
400—800	Калий	760	50	То же
500—900	Натрий	883	200	»
900—1500	Литий	1330	800	Тантал, TZM

носа жидкости

Фактор

$N = \frac{\sigma}{\rho r_L}$

где σ — поверхностное натяжение

жидкости. В таблице приведены свойства

3.10.6.

Перенос жидкости в трубах с капиллярами

На практике

трубы с капиллярами

используются для переноса жидкости

в трубах с капиллярами

Преимуществом таких труб является

их простота и надежность

в эксплуатации

с жидкостями, которые

не имеют высокой вязкости

и не подвержены коррозии

стенки труб

и наполнителя

трубы

с капиллярами

используются для переноса жидкости

в трубах с капиллярами

Преимуществом таких труб является

их простота и надежность

в эксплуатации

с жидкостями, которые

не имеют высокой вязкости

и не подвержены коррозии

стенки труб

и наполнителя

5.10.6 ХАРАКТЕРИСТИКИ КАПИЛЛЯРНЫХ СТРУКТУР

109

ности [107], так как чем выше значение этого фактора, тем выше скорость циркуляции в тепловой трубе. Фактор переноса определяется как

(1)

где σ — поверхностное натяжение; Δh_p — теплота фазового перехода на единицу объема; η_l — динамическая вязкость.

На рис. 1 приведены наиболее распространенные разновидности капиллярных структур, их факторы переноса и некоторые другие характеристики.

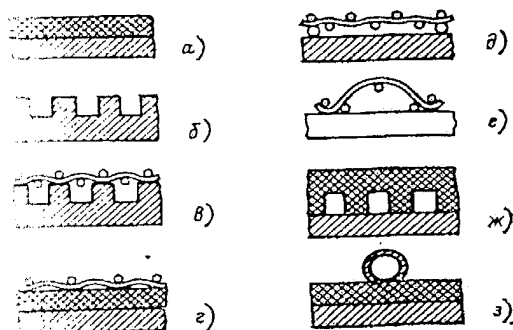
3.10.5 Характеристики капиллярных структур

В начальные капиллярные структуры, которые использовались в тепловых трубах, представляли собой материалы, как ткань, стекловолно, пористый материал, сетка. Эти структуры будем считать капиллярными, чтобы отличать их от комбинаций различных материалов, которые будем называть композиционными капиллярными структурами.

На рис. 1, а схематически показана гомогенная капиллярная структура. Фитиль прилегает к стенке тепловой трубы таким образом, чтобы обеспечить хороший контакт в зоне передачи теплоты. Хороший контакт обеспечивает удовлетворительную теплопередачу от стенки тепловой трубы к капиллярной структуре. Используются также капиллярные экраны (рис. 1, б). Более усовершенствованную капиллярную структуру представляют собой тонкие экраны (рис. 1, в). Недостатком такой конструкции заключается в том, что происходит унос жидкости, текущей в фитиле, паром, движущимся из испарителя тепловой трубы к конденсатору. Более важно, что экран может иметь поры малого диаметра, что позволяет увеличить капиллярный потенциал и уменьшить сопротивление течения в каналах. Приведены результаты испытаний тепловых труб капиллярной структурой, изображенной на рис. 1, б, в, г. Они показали улучшение характеристик тепловых труб.

Есть много других конструкций капиллярных структур, представленных на рис. 1, з — ж. Структура на рис. 1, з является примером использования артерий, которые позволяют получить низкие сопротивления и перепады давления. Структуры на рис. 1, д — ж также имеют низкое сопротивление для течения жидкости.

На рис. 1, ж, з показаны или артерии с низким сопротивлением для потока примыкают к стенке, и их недостаток



Капиллярные структуры:

а — гомогенная капиллярная структура; б — каналы; в — каналы с экраном; г — сетки и экраны; д — экран и кольцевой канал; е — гофрированный экран; ж — гофрированный экран; з — артерии

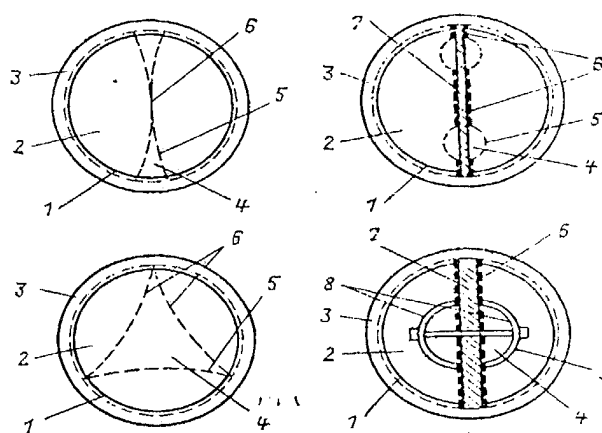


Рис. 2. Тепловые трубы с артериями [144].

1 — внутренняя поверхность стенки; 2 — паровая зона; 3 — капиллярная структура; 4 — артерия для жидкости; 5 — сетка; 6 — сетка; 7 — опора; 8 — разрезанная труба без капилляров

ком является то, что в них может возникнуть кипение. На рис. 2 представлено поперечное сечение некоторых капиллярных структур, для которых этой проблемы можно избежать [144].

На рис. 3 показаны другие формы артерий [142]. Как видно на этих рисунках, большое значение имеет то, что во всех точках артерии изолированы от пара. В этом случае в артериях преобладают следующие механизмы: действие капиллярных сил, конденсация пара; подъем давления в паровой зоне нагрева, вызванный паром, который сжимается в артерии и замещается жидкостью, при этом остаток пара удаляется с обогреваемой поверхности.

В трубе, изображенной на рис. 3, давление в артериях будет ниже давления в паровой зоне. Устройство отверстий в поверхности артерий позволяет пару проникнуть в трубу

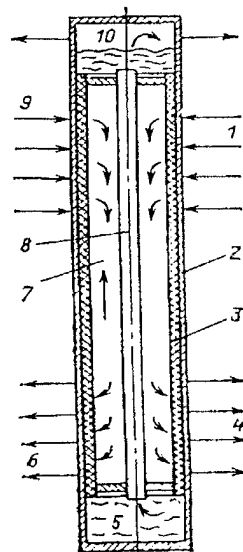


Рис. 3. Тепловая труба с коллектором и системой артерий:

1 — испаритель; 2 — стенка трубы; 3 — капиллярная структура; 4 — конденсатор; 5, 10 — коллекторы; 6, 9 — пластины коллектора; 7 — паровая зона; 8 — артерии

и образует там двухфазную смесь. При работе против сил гравитации это добавит движущие силы естественной циркуляции к капиллярным силам [25, 161].

Принятые обозначения

A — площадь поперечного сечения капиллярной структуры, м²; $q_{\text{ф}}$ — теплота фазового перехода, Дж/кг; K — проницаемость, м²; N — фактор переноса, кВт/м²; $\Delta p_{\text{тр}}$ — разность давлений, обусловленная трением в жидкости, Па; $\Delta p_{\text{гр}}$ — разность давлений, обусловленная гравитацией, Па; $\Delta p_{\text{с}}$ — полная разность давлений в жидкости, Па; $\Delta p_{\text{ж}}$ — полная разность давлений жидкости в конденса-

саторе, Па; $\Delta p_{\text{в}}$ — разность давлений в паре, Па; $\Delta p_{\text{св}}$ — полная разность давлений в конденсаторе; $\Delta p_{\text{ка}}$ — разность давлений вследствие действия капиллярных сил, Па; r — радиус пор, м; $r_{\text{л}}$ — радиус капилляров в испарителе, м; $r_{\text{н}}$ — радиус центров парообразования, м; $r_{\text{а}}$ — минимальный радиус капилляров, м; $T_{\text{шр}}$ — температура наполнителя на стенке трубы, К; $T_{\text{шп}}$ — температура наполнителя на поверхности, контактирующей с паром, К; Z — длина тепловой трубы, м; $Z_{\text{с}}$ — длина конденсатора, м; $Z_{\text{л}}$ — длина испарителя, м; $Z_{\text{эф}}$ — эффективная длина тепловой трубы, м; α — краевой угол смачивания; ϵ — пористость капиллярной структуры; $\lambda_{\text{л}}$ — теплопроводность ребер, Вт/(м·К); $\lambda_{\text{ж}}$ — теплопроводность жидкости, Вт/(м·К); $\lambda_{\text{м}}$ — теплопроводность материала наполнителя, Вт/(м·К).

Раздел 3.11

ТОПКИ И КАМЕРЫ СГОРАНИЯ

Труелав

3.11.1 Технологические нагреватели и паровые котлы

А. Технологические нагреватели. Нагреватели используются в нефтеперерабатывающей промышленности для подогрева нефтепродуктов и разделения на фракции термическим крекинга и в высокотемпературных технологических процессах. Теплоноситель протекает по трубам внутри нагревателя, рабочие температуры в трубах могут достигать 450 °С, рабочие давления при температурах 450 °С — до 20 МПа. Мощность аппаратов находится в пределах от 3 до 60 МВт, хотя мощность очень больших преобразователей углеводородов может быть до 300 МВт. В этих нагревателях в качестве топлива используются исключительные газы.

Существует много различных конструкций технологических нагревателей [1, 2]. На рис. 1 изображена схема типичного технологического нагревателя. Он состоит из цилиндрической вертикальной камеры сгорания, внутри кото-

рой сгорает топливо. Стенки ее 2 обычно изготавливаются из огнеупорного материала. В камере находятся теплопоглощающие трубы 3, расположенные вертикально вдоль стен, которые поглощают часть теплоты от факела продуктов сгорания до того, как они попадут на участок конвективного нагрева. В такой конструкции все трубы расположены эквидистантно по отношению к форсункам 1, что гарантирует равномерное распределение теплоты по периметру, хотя тепловой поток может значительно изменяться вдоль труб.

На радиационном участке теплота передается преимущественно излучением, тем не менее передача теплоты конвекцией может составлять до 10%. Тепловые потоки на поверхности труб на участке радиационного теплообмена составляют около 50 кВт/м². Трубы на участке конвективного нагрева устанавливаются в виде горизонтального пучка 3 над камерой сгорания, который передает теплоту от продуктов сгорания при более низкой температуре, чем вертикальным трубам на участке радиационного теплообмена. На участке конвективного теплообмена часто используются оребренные трубы или другие типы развитых поверхностей. Однако первые один или два ряда труб, которые называются экранирующими трубами, также получают существенное количество теплоты излучением. В качестве этих труб не используются трубы с развитыми поверхностями, поскольку в таком случае ухудшается теплообмен излучением. Конструкция технологического нагревателя, изображенного на рис. 1, обеспечивает экономичные и высокоэффективные характеристики установки. Их мощность, как правило, составляет 3—60 МВт.

Другой тип конструкции с горизонтальными трубами показан на рис. 2. Трубы 1 на участке теплообмена излучением устанавливаются горизонтально вдоль стен и под наклонной крышкой. На участке конвективного теплообмена устанавливаются трубы в виде горизонтального пучка 3 над камерой сгорания. Обычно в таких аппаратах форсунки 2 для сжигания топлива расположены в днище, но иногда их устанавливают на боковых стенках под трубами. Мощность таких нагревателей также изменяется от 3 до 60 МВт.

Третий тип конструкции представляет собой нагреватель с двумя форсунками (рис. 3). Трубы 1 на участке теплообмена излучением устанавливаются в один ряд и обогреваются с обеих сторон. Это позволяет достичь равномерного распределения тепловых потоков по периметру труб. В таких нагревателях форсунки 3 также устанавливаются в

Рис.
1 —
мощь

дни
счет
ры
ших
лах

кот

лен
дым
до 2
тор
мог
уста
исп
дым
рич
лен
дук
стор
чере
нак
тий
иск
из д
ходи
пере
в па
Мак
гут

мог
теп
на с
и в
теп
топ
уста
теп
ния
суно
стен
шес
кон
ния

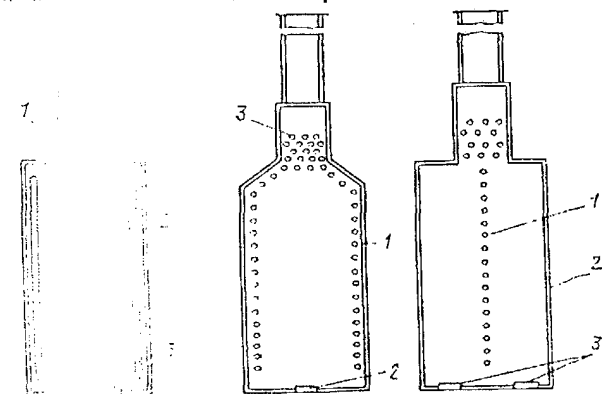


Рис. 1. Технологический цилиндрический нагреватель с конвективной секцией, обогреваемой поперечным потоком: 1 — форсунки; 2 — отражатели; 3 — форсунки

Рис. 2. Нагреватель с горизонтальными трубами: 1 — трубы; 2 — форсунки; 3 — конвективная секция

Рис. 3. Нагреватель с двумя форсунками: 1 — трубы; 2 — стенки-рефлекторы; 3 — форсунки

ENCLOSURE 4



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Urkunde Certificate Certificat

Es wird hiermit bescheinigt, daß für die in der be-
gelagerten Patentschrift beschriebene Erfindung ein europäisches Patent für die in der Patentschrift bezeichneten Vertrags-
staaten erteilt worden ist.

It is hereby certified that a European patent has been granted in respect of the invention described in the annexed patent specification for the Contracting States designated in the specification.

Il est certifié qu'un brevet européen a été délivré pour l'invention décrite dans le fascicule de brevet ci-joint, pour les frais contractants désignés dans le fascicule de brevet.

Europäisches Patent Nr.

European Patent No.

Brevet européen n°

1123578

Patentinhaber

Proprietor of the Patent

Titulaire du brevet

Luchinskiy, Alexander
Gymnasialstrasse 11
55543 Bad Kreuznach/DE

Werth, Günther
Carl-Orff-Strasse 37
55127 Mainz/DE

Shifrin, Yakov
Apartment 80, Kosmicheskaya Strasse 4
Charkow 310145/UA

28.08.02

Ingo Kober

Präsident des Europäischen Patentamts
President of the European Patent Office
Président de l'Office européen des brevets